

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 01-312087

(43)Date of publication of application : 15.12.1989

(51)Int.Cl.

C23F 4/00
H01L 21/302

(21)Application number : 63-142629

(71)Applicant : ANELVA CORP

(22)Date of filing : 09.06.1988

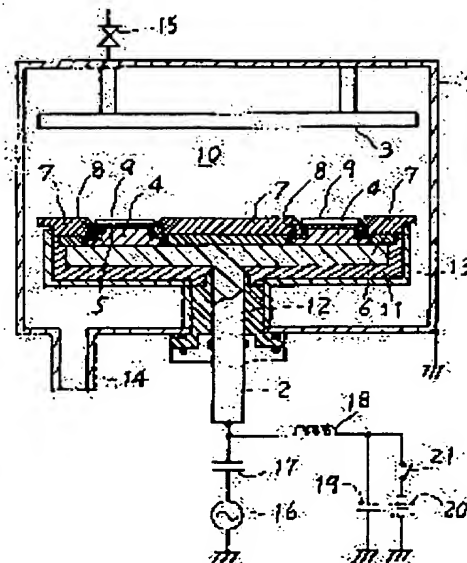
(72)Inventor : TSUKADA TSUTOMU
TAMAKI TOSHIO
YOSHIDA TATSUHIKO

(54) DRY ETCHING DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To improve the uniformity and reproducibility of etching by impressing a negative voltage on a high-frequency impressing electrode obtained by assembling a substrate holder and a dielectric member in a specified manner in the title device using a high-frequency glow discharge.

CONSTITUTION: Plural substrate holders 4 having a protrusion and made of A are provided on the high-frequency impressing electrode 2 in a vacuum vessel 1, and the top of the protrusion of the holder is covered with a substrate 9 having a larger area than the top. The bottom of the holder 4 is brought into contact with the electrode 2, or the surface other than the bottom is covered with a polyimide film. The surface of the electrode 2 out of contact with the holder 4 is covered with first and second dielectric covers 6 and 7, and the covers 6 and 7 and holder 4 are made freely attachable to and detachable from the electrode 2. A dielectric ring 8 is inserted around the shoulder of the protrusion of the holder 4, and the part projecting from the holder 4 on the back of the substrate 9 is placed thereon. By such a constitution, plasma 10 cannot be seen from the electrode 2 through the gaps formed by assembling. A negative DC voltage having a larger absolute value than that of the negative self-bias voltage caused by a plasma discharge produced when a high-frequency voltage is impressed is impressed on the electrode 2 through a high frequency filtering coil 18 and a capacitor 19.



BEST AVAILABLE COPY

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than

the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑫ 公開特許公報(A) 平1-312087

⑤ Int. Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成1年(1989)12月15日

C 23 F 4/00
H 01 L 21/302A-7047-4K
C-8223-5F

審査請求 有 請求項の数 3 (全8頁)

⑭ 発明の名称 ドライエッチング装置

⑯ 特 願 昭63-142629

⑰ 出 願 昭63(1988)6月9日

⑱ 発 明 者 塚 田 勉 東京都府中市四谷5-8-1 日電アネルパ株式会社内
 ⑲ 発 明 者 田 巻 敏 雄 東京都府中市四谷5-8-1 日電アネルパ株式会社内
 ⑳ 発 明 者 吉 田 達 彦 東京都府中市四谷5-8-1 日電アネルパ株式会社内
 ㉑ 出 願 人 日電アネルパ株式会社 東京都府中市四谷5-8-1

明 細 書

1. 発明の名称 ドライエッチング装置

2. 特許請求の範囲

(1) 反応性ガス等のガス導入手段を設けた真空容器内に被処理基板を載置する高周波印加電極を備え、該反応性ガス等のガスプラズマにより該基板をエッチングするドライエッチング装置において、

a、該高周波印加電極のプラズマに接する側の表面の全面は、基板載置台と、着脱自在の誘電体部材とで被われており、かつ、

b、該基板載置台の基板載置面の直下部には、誘電体膜で被われた導体表面であって前記高周波印加電極と直流的に同電位のものが設けられており、さらに、

c、該高周波印加電極の表面からプラズマ空間に至るまでの隙間、即ち、該誘電体部材相互間の隙間、または、該誘電体部材と該基板載置台の間の隙間は曲折部を備えて、該高周波印加電極の表面からはプラズマ空間を見通せない構造となってお

り、

d、該高周波印加電極へは、高周波電力印加時のプラズマ放電で発生する負のセルフバイアス電圧よりも絶対値の大きい負の直流電圧を、高周波フィルターを介して印加する手段を備えている、ことを特徴とするドライエッチング装置。

(2) 該曲折部が複数設けられていることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のドライエッチング装置。

(3) 該基板載置台の基板載置面を囲んで、基板の外周よりも小さな内周を持ち、且つ基板の外周よりも大きい外周を持った、着脱自在の誘電体リングを備えることを特徴とする特許請求の範囲第1または2項記載のドライエッチング装置。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、高周波グロー放電によって発生するガスプラズマを利用して、半導体集積回路製造用シリコン基板等の基板にエッチング処理を行なう、

ドライエッチング装置の新規な構成に関する。

(従来の技術とその問題点)

現在、高周波グロー放電を利用して被処理基板（以下単に基板ともいう）をエッチング処理するドライエッチング装置が半導体集積回路の製造で盛んに使用されている。中でも、高周波印加電極上に基板を置いてエッチングする反応性イオンエッチング（RIE）装置は、異方性エッチングが可能で且つ量産性に優れるため、半導体デバイス製造の各プロセス工程で多用されるようになってきた。

ところが、当初のこの種の装置は、被処理基板を高周波印加電極上（または、その上に置かれた基板載置台上）に、ただ単に載置するだけの構成をとっていたため、基板はプラズマによって容易に加熱され、基板温度が上昇してエッチングマスクのフォトリソが熱損傷を受けたり、エッチング形状が悪化したりし、エッチング速度の向上をはかることやエッチング形状を思い通りに制御

することが難しいという欠点があった。

このため、エッチング中に基板を所望する温度に冷却する目的で、基板を電極（またはその上に置かれた基板載置台）に機械的にクランプして両者間の熱接触を向上させたり、基板の裏面にHe等のガスを流して基板と基板載置面との間の熱伝達効果を増大させて冷却をはかったり、基板載置部の下方に直流電極を仕込んで、基板を静電力によって基板載置台に密着（静電チャック）させ熱伝達を向上させる等の方法が考案された。特に最後の静電チャック法は、構造が比較的簡単で冷却効果が大きいため種々の方法が考案されている。

例えば、特公昭56-53853号公報（特開昭55-90228号公報）「ドライエッチング装置」に示される、ガスプラズマの電気伝導性を利用する静電チャック法は、高周波印加電極とガスプラズマとが誘電体膜を挟む電極として働くため、簡便でかつ基板に与えるダメージが少なく、ガスプラズマが存在する期間にだけ静電チャック力が働くため基板の着脱が容易で、非常に有効な

-3-

方法であった。その公報のドライエッチング装置の概略の構成を第5図の断面図で示す。101は高周波電源、102は高周波印加電極、103は基板、104は対向電極、105は誘電体膜であって基板103がこの上に載置され静電チャックされるもの、106は絶縁体、107は直流電源、108は高周波遮断回路、109は高周波整合回路、110は高周波印加電極102上の導電性ゴムシート、111はプラズマ、112は高周波印加電極102の冷却系、113は真空容器、114は排気系、115はガス導入系である。

しかし上記のドライエッチング装置でエッチングした場合種々の問題を生じた。特に複数枚の基板を一括処理するために高周波印加電極102の面積を大きくしたパッチ式ドライエッチング装置では、その広面積の、高周波印加電極上の導電性ゴムシート110の表面の全面に渡って、誘電体膜105を完全に密着させて隙間なく被うことは、非常に難しいばかりでなく、たとえ隙間なく被覆できたとしても、真空容器113内を真空に排気

-4-

すると、誘電体膜105の下部に僅かな隙間が生れて、プラズマを発生させたときそこに異常放電を生じ、静電チャックが働かなくなるばかりでなく、誘電体膜105が破壊されたり、前記の静電チャック用直流電源107が破壊されてしまったりする欠点があった。

この異常放電は、エッチング時に基板103に誘起される負の数100Vのセルフバイアス電圧と、高周波印加電極102、従って、その上の導電性ゴムシート110に印加される直流電圧との間の電位差による静電力で基板を静電チャックすることを目的として、高周波印加電極に正の1kV程度の直流電圧を直流電源107から印加しているため起こるものであって、プラズマ放電中に僅かな隙間を通してプラズマ内の電子が高周波印加電極に流れ込むために生じた放電である。

この放電は静電チャック用電圧の正負を逆にしてみても同じように発生する。この場合は前記の隙間にイオンが流れ込むことになる。

この放電の発生を避けるために本願の発明者は、

-5-

-6-

第6図の装置即ち、特開昭57-149734号公報「プラズマ応用加工装置」に示すように、冷却系112を装備し、シールド板211および誘電体電極カバー212でその表面を被われた高周波印加電極203の上に、複数の基板載置台206を設けて、それぞれの基板載置面の直下部だけに、誘電体膜105で被われた（しかも誘電体207で高周波印加電極203とは絶縁された）電極208を埋め込み、この電極208だけに直流電源101から高周波フィルター109を介して直流電圧を印加するという方法を試みたのであったが、この方法には直流電圧印加の配線に困難があるばかりでなく、図のように複数の基板載置台206を高周波印加電極203上に設置するときは、基板のエッチング特性が、基板載置台206の僅かな構造の相違等の影響を受けてばらつきを生ずるという欠点があった。

さらに、第5図、第6図の従来の装置には、電極110、208の表面を、誘電体膜105で完

全に密着させて覆うことができたとしても、長時間のドライエッチング中には誘電体膜105が劣化して、誘電体膜105の交換が必要となるという事態をしばしば生じ、この交換のために多大の時間と労力を必要とするという新たな問題を生じた。これら電極に誘電体を貼り付けたとしても、その誘電体膜が実用に耐えるかどうかは、実際に真空中でドライエッチングして見るまでは分からず、またその成功の確率も低いため実際の大規模集積回路の製造ラインにこのドライエッチング装置を採用するには問題があった。

（発明の目的）

本発明は、上記問題を解決するためになされたものであって、比較的単純な構造の基板載置台および誘電体部材の組立で作られる高周波印加電極構造によって、ドライエッチング中に基板を十分強力に基板載置台に静電チャックし、安定且つ十分に基板を冷却して、均一性および再現性の優れたエッチングを行なうことのできる新規なドライ

-7-

エッチング装置の提供を目的とする。

（問題を解決するための手段）

本発明は上記目的を達成するために、反応性ガス等のガス導入手段を設けた真空容器内に被処理基板を載置する高周波印加電極を備え、反応性ガス等のガスプラズマにより該基板をエッチングするドライエッチング装置において、

a、高周波印加電極のプラズマに接する側の表面の全面を、基板載置台と、着脱自在の誘電体部材とで被い、かつ、

b、基板載置台の基板載置面の直下部には、誘電体膜で被われた導体表面であって前記高周波印加電極と直流的に同電位のものを設け、さらに、

c、高周波印加電極の表面からプラズマ空間に至るまでの隙間、即ち、該誘電体部材相互間の隙間、または、該誘電体部材と該基板載置台の間の隙間には曲折部を備えて、該高周波印加電極の表面からはプラズマ空間を見通せない構造とし、

d、高周波印加電極へは、高周波電力印加時のプ

ラズマ放電で発生する負のセルフバイアス電圧よりも絶対値の大きい負の直流電圧を、高周波フィルターを介して印加する手段を備えたものである。

前記目的の効果を向上させるために、曲折部を複数ヶ所設けたり、基板載置台の基板載置面を囲んで、基板の外周よりも小さな内周を持ち、且つ基板の外周よりも大きい外周を持った、着脱自在の誘電体リングを備える構造は有用である。

（作用）

上記構成からなる本発明のドライエッチング装置では、誘電体で囲まれた基板載置台の導体は高周波印加電極と同電位になっているため、この導体表面に直流電位を与えるのに特別なリード線等を必要とせず、各部材の取り付けや組立は容易で特別な技術を必要としない。

高周波印加電極の表面は、誘電体で被われた基板載置台と、着脱自在の誘電体部材とで完全に被われていて、しかも、誘電体部材間や基板載置台の組立で生じる隙間が曲折部を持ち、かつ、高周

-9-

-10-

波印加電極には、放電中に基板に生じる負のセルフバイアス電圧よりも絶対値の大きい負の直流電圧が高周波印加電極に印加されているため、プラズマから「電子」が直流的に高周波印加電極に流入することは無くなる。

電子に代わって「イオン」が高周波印加電極に直流的に流入するが、そのイオン電流の量も、イオンの通り道の隙間に曲折部が設けられているために極めて抑制される。その抑制の度合は電子電流の場合よりも遙かに大である。曲折の回数が多い構成にすればする程その効果は大きい。また、

たとえイオンの流入が生じたとしても、後述のようにイオン電流量はたかだか数 mA/cm^2 以下にとどまるため、その小さいリーク電流量は、静電チャック電源に影響を与えることがなく、ドライエッチング中のセルフバイアス電圧にも殆んど影響を与えない。従ってドライエッチング特性に基板毎のバラツキを生じるような不具合は発生しない。

また、高周波印加電極に印加する直流の負電圧

はいくらその絶対値を大きくしてもイオン電流値は小量で飽和してしまう特性があるので、基板と基板載置面下の導体表面との間には十分に大きな電圧を（誘電体膜を介して）印加でき、大きい静電チャック力が利用できる。

なお、基板が基板載置面に吸着されるのは、従来同様ドライエッチング作業中だけであり、ドライエッチング前後の基板の着脱は容易である。

なお、基板載置台の基板載置面の周囲に、基板の外周より小さな内周を持ち、基板の外周よりも大きい外周をもつ着脱自在な誘電体リングを設置することでは、特に、基板載置台表面の（静電チャック用の）非常に薄い誘電体膜が、エッチングでその寿命を短くするのを防止し、かつ、前記した複数の隙間の曲折部を設ける作業を極めて容易にする。

（実施例）

第1図は本発明の実施例の平行平板型リアクティブイオンエッチング装置の概略の正面断面図で

-11-

あって、接地された真空容器1内に、高周波印加電極2と、接地された対向電極3が、電極面を互いに平行にして設置されている。

高周波印加電極2の上には複数のアルミニウム製の凸型の基板載置台4が設置されている。基板9はこの凸型の頭頂部を覆って載置され、頭頂部の面積は基板の面積よりも小さく、完全に基板で隠れるようになっている。

この基板載置台4の底面は高周波印加電極2と直接（電氣的にも）接触している。底面以外の面は全て $25\mu\text{m}$ の厚さのポリイミドフィルム5で被われている。

高周波印加電極2の表面（対向電極に相対する面）の、基板載置台4以外の部分は、第1の誘電体カバー6および第2の誘電体カバー7で被われている。両誘電体カバーおよび基板載置台は上方に持ち上げて、高周波印加電極から簡単に取り外すことができるようになっている。即ち、着脱自在で組立、解体の容易な構造となっている。

さらに、基板載置台4の凸型の肩の周囲には、

-12-

誘電体リング8が嵌め込まれていて、基板9の裏面の周囲の基板載置台4からはみ出した部分はこの誘電体リング8の上に載っている。この誘電体リング8も着脱自在であって容易に上方に抜き取ることができる。この誘電体リング8の内径は基板9の外径よりもやや小さく、かつ、誘電体リング8の外径は基板9の外径よりもやや大きい。従って、組立が完了して基板9が基板載置台に載置されたときには、基板載置台のポリイミドフィルム5は、基板9と誘電体リング8と第1、2の誘電体カバー7、8によって完全に被われる構造となっている。

これら第1、第2の誘電体カバー6、7と誘電体リング8および基板載置台4の組み立てで生じる隙間には、図の断面図で見て曲折部が2つ以上（図の現状では4つ）存在し、高周波印加電極2からプラズマ10を見通すことはできない構造になっている。

高周波印加電極2の側面と裏面は、第3および第4の誘電体スパーサー11および12（これら

-13-

-14-

は着脱自由とする必要はない)を介して、シールド板13がカバーしている。

さて、本構成の装置の働かせ方であるが、例えば、シリコン基板上に微細な溝ないし穴を加工するシリコントレンチエッチングの場合で述べると、排気導管14に接続された真空ポンプ(図示しない)によって真空容器1内を真空に排気する。次にガス導入バルブ15を開いて、SiCl₄を含むガスを、圧力が15mTorrになるまで導入する。

高周波印加電極2を、冷媒を循環して冷却しながら(冷却には第6図と同様の構造が採用できる。図示を略した)、高周波電源16よりブロッキングコンデンサー17を介して13.56MHz、1000Wの高周波電力を高周波印加電極2に投入する。これと同時に、スイッチ21をONにし、直流電源20から高周波フィルター用のコイル18とコンデンサー19を介して、負の直流電圧2kVを高周波印加電極2に印加する。

高周波電力の投入によって、プラズマ空間10にはSiCl₄を含むガスのプラズマが発生し、基

板9には負のセルフバイアス電圧(約500V)が生じて、プラズマよりイオンが引き寄せられ、このイオンとプラズマで作られた活性ラジカルの相互作用により、基板9がいわゆる反応性イオンエッチング(RIE)される。

このとき高周波印加電極2およびこれと同電位の基板載置台4には、負の直流電圧が電源20から印加されているため、厚さ25μmのポリイミドフィルム5を挟んで、基板9と基板載置台4の間には電位差が生じている。

電源20から高周波印加電極2に印加する負の電圧を大きくし、基板9に誘起されるセルフバイアス電圧(負の約500V)よりもさらに1kVだけ負にするような電圧即ち負の約1.5kVの電圧を印加すると、基板9は基板載置台4に静電吸着されて、基板9は効率よく冷却されるようになる。

高周波印加電極2および基板載置台4の電位は、セルフバイアス電位よりもかなり深い負の電位にあるため、高周波印加電極2の表面を被って組み

-15-

立てられた基板載置台4と誘電体部材5, 6, 7, 8(および11, 12)相互間の隙間を通して、「電子電流」が流れることはない。従って、従来のように過大な電子電流によって誘電体部材が絶縁破壊を起こすという事態は完全に避けられる。

その代わりに、プラズマ中のイオンが前記の隙間を通して高周波印加電極2に流れ込むことになるが、「イオン電流」には、第2図のプラズマのプロープ特性(詳細後述)に示されるように、実用時の電圧値(本発明の実施例のイオン電流の場合をp、従来の電子電流の場合をqで示す)で、電子電流の数百分の一乃至数千分の一の値で電流が飽和する性質があるため、過電流によって絶縁破壊が起きるということはない。さらに、イオン電流の通過する前記の誘電体部材間の隙間の曲折は、このイオン電流の抑制と放電の防止に役立ち、曲折を複数にすれば、イオン電流は無視できる程度の大きさになることが実験で確かめられた。

さて、先述の第2図のプラズマのプロープ特性

-17-

-16-

の図の説明であるが、これは、第2図aに略示したような平行平板型エッチング装置の、高周波印加電極2と対向電極3の間の空間に、高周波電源44からの高周波電力で容器1内にプラズマを発生させ、このプラズマにプローブ401を挿入して、電源402からプローブに印加する直流電圧を様々に変化させて、電圧計403の指示と電流計404の指示をプロットし曲線を描いたものである。

この第2図のプロープ特性から、プローブ電圧が負の領域では電流(イオン電流)が直ぐ飽和し、実用時の電圧(前記のpとq)では、電圧正の領域の電流(電子電流)の数百~数千分の1程度の小さい電流しかプローブに流れ込まないことが明かである。本発明では、本願の発明者らが実験で見いだしたこの現象が利用されている。

第3図は、基板載置台4の部分の他の実施例の構造を示した正面断面図である。第1図と同様な部材には同符号を使用し説明を省略している。

-18-

この場合の基板載置台 4 はセラミックスで成形されており、基板載置面 4 に載置された基板 9 の直下の数 10 ～数 100 μm の深さのところには、金属膜電極 505 が埋め込まれ、金属膜電極 505 はスルーホールのリード線 506 によって高周波印加電極 2 と電気的に接続されている。従ってここでも両者は直流的に同電位である。

基板載置台 4' の周囲にはそれぞれ着脱自在な誘電体リング 8、第 1 および第 2 の誘電体カバー 6 および 7 が設置されて、高周波印加電極 2 がプラズマに晒されるのを防いでいる。基板 9 の外周よりも内径が小さく、基板 9 の外周よりも外径が大きい誘電体リング 8 が、基板載置台 4 の外周に設けられていて、基板載置台 4 の表面の非常に薄い誘電体膜（セラミックス）507 を保護し、その寿命を長くしている。

第 4 図 a, b は、ドライエッチング装置によりシリコン基板上に SiO_2 をマスクとして、幅 1.0 μm 、深さ 4.5 μm のトレンチをエッチングで作ったときの、トレンチの断面形状であって、

a 図は、本発明の実施例の第 1 図の装置によりシリコン基板を 10℃ に冷却された基板載置台 4 に吸着させてエッチングしたときのトレンチの形状であって、サイドエッチングがなく、垂直側壁を持ち、しかもトレンチの底部に丸みのある理想的なトレンチ形状が得られている。b 図は、a 図と同一条件下で、静電チャックを働かせないでシリコン基板をエッチングした場合の例であり、側壁にくぼみのある、いわゆるボーイング形状のトレンチ形状となっている。形状が一定せずバラツキの程度も大きく、実際の VLSI デバイスにはとうてい使用できないものであった。

さて上記の実施例は、基板を複数枚処理するバッチ装置に本発明を応用する場合を述べたものであるが、本発明の利用はバッチ処理の装置に限定されるものではなく、基板を一枚一枚エッチングする枚葉処理装置に適用してもその威力を発揮することはいうまでもない。

また本発明で使用する誘電体や電極の材質も、ポリイミド、セラミックス、アルマイト等に限定

-19-

されるものでないことはいうまでもない。またその厚みにも限定はない。

また、本発明の利用は、反応性イオンエッチング装置にも限定されるものでなく、他の種類のドライエッチング装置にも十分適用できるものである。

（発明の効果）

本発明によれば、基板を基板載置台に充分強力に静電チャックしながらドライエッチングできるため、基板の冷却が充分でその温度が安定する効果がある。そのため均一性および再現性の優れたエッチング加工の可能なドライエッチング装置が提供される。

4. 図面の簡単な説明

第 1 図は本発明の実施例の反応性イオンエッチング装置の要部の概略断面図。

第 2 図はプラズマ中のプローブ電圧-電流特性を示したグラフ。第 2 図 A はその測定図。

第 3 図は他の実施例の基板載置台部の断面図。

-20-

第 4 図 a は、本発明の実施例の装置によりシリコントレンチエッチングを行なったときのトレンチの断面図。

第 4 図 b は、同じ装置で静電チャックを行なうことなくシリコントレンチエッチングを行なったときのトレンチの断面図。

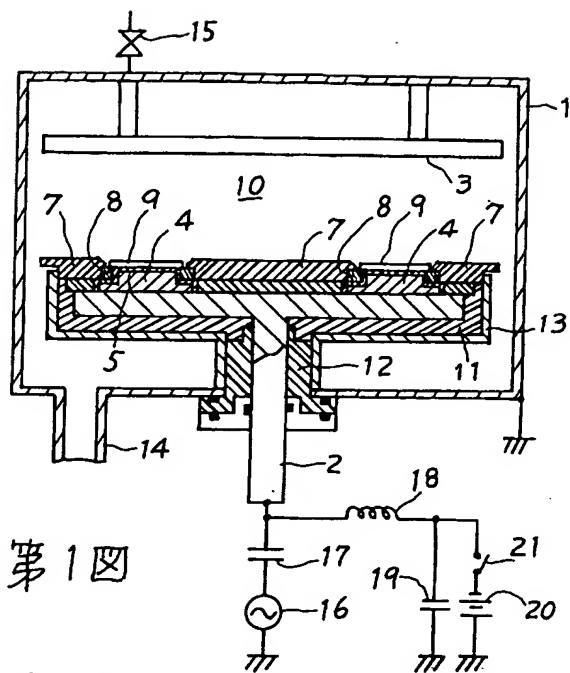
第 5, 6 図はそれぞれ従来のドライエッチング装置の断面図である。

1 … 真空容器、2 … 高周波印加電極、4 … 基板載置台、5 … ポリイミドフィルム、6 … 第 1 誘電体カバー、7 … 第 2 誘電体カバー、8 … 誘電体リング、9 … 基板、18 … 高周波フィルターコイル、19 … 高周波フィルターコンデンサー、20 … 負の直流電源。

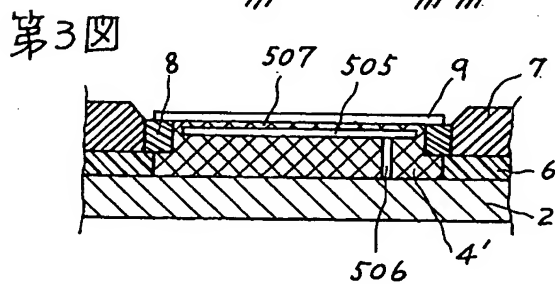
特許出願人 日電アネルバ株式会社
代理人 弁理士 村上 健次

-21-

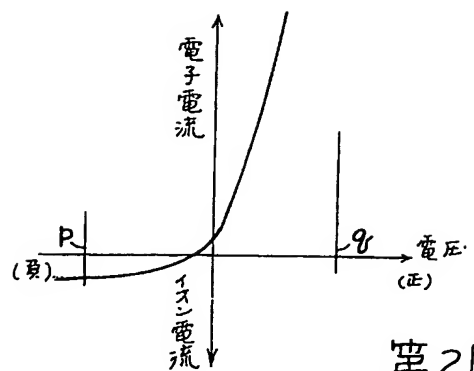
-22-



第1図

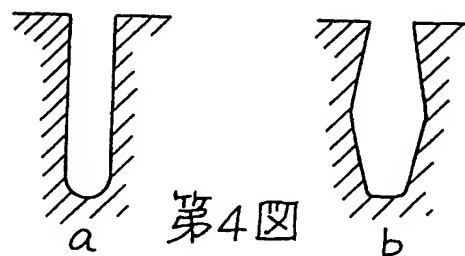
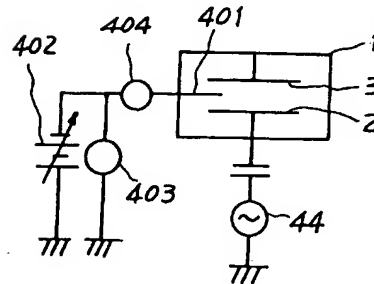


第3図

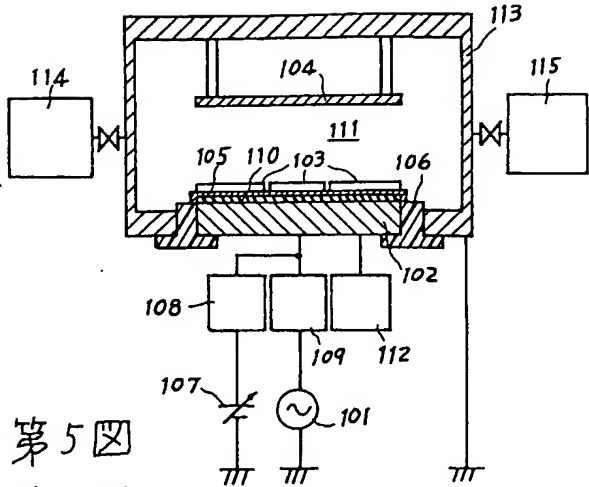


第2図

第2図a



第4図



第5図

第6図

